



(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> :  H01M 8/06, 8/00		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/63993  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 26. Oktober 2000 (26.10.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/01282  (22) Internationales Anmeldedatum: 19. April 2000 (19.04.00)		(81) Bestimmungsstaaten: CA, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(30) Prioritätsdaten: 199 17 826.7 20. April 1999 (20.04.99) DE		Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten außer US): ZENTRUM FÜR SONNENENERGIE- UND WASSERSTOFF-FORSCHUNG BADEN-WÜRTTEMBERG, GEMEINNÜTZIGE STIFTUNG [DE/DE]; Hessbrühlstrasse 21c, D-70565 Stuttgart (DE).			
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ROHLAND, Bernd [DE/DE]; Jenaer Strasse 16, D-10717 Berlin (DE). SCHOLTA, Joachim [DE/DE]; Hirschstrasse 35, D-89278 Nersingen (DE). JÖRISSEN, Ludwig [DE/DE]; Ludwigstrasse 31, D-89231 Neu-Ulm (DE). ZETTISCH, Georg [DE/DE]; Friedenstrasse 32/2, D-89073 Ulm (DE). STEINHART, Klaus [DE/DE]; Küfergasse 10, D-72534 Hayingen (DE). ROSER, Jochen [DE/DE]; Mölderstrasse 4, D-89340 Leipheim (DE).			
(74) Anwalt: MERKLE, Gebhard; Ter Meer, Steinmeister & Partner GbR, Mauerkircherstrasse 45, D-81679 München (DE).			
(54) Title: MAINS-INDEPENDENT PORTABLE POWER GENERATION SYSTEM WITHOUT POLLUTANT EMISSION, AND METHOD FOR PRODUCING ELECTRIC CURRENT USING SAME			
(54) Bezeichnung: NETZUNABHÄNGIGE, SCHADSTOFFEMISSIONSFREIE, PORTABLE STROMVERSORGUNGSEINRICHTUNG SOWIE VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG VON STROM MITTELS DIESER			
(57) Abstract			
<p>The invention relates to a mains-independent portable power generation system without pollutant emission, which comprises: a (PEM) fuel cell unit (1); a hydrogen storage facility (19); a line (22) for supplying hydrogen from the storage facility (19) to the anode chamber (2); a line (5) and a pump (9) for recirculating unreacted hydrogen from the anode chamber outlet to the anode chamber input; a line (25) and a pump (11) for supplying air to the cathode chamber (4); a line (6) for discharging cathode gas containing water vapour; a heat exchanger (20) which encloses the storage facility (19); a coolant circuit (18) with a pump (21) between the heat exchanger (20) and fuel cell unit (1); a device (16) for withdrawing current being generated; and a control/regulating unit (14) for controlling/regulating the hydrogen recirculation, air supply and coolant circuit in accordance with the setpoint cell voltage and setpoint cell temperature. The invention also relates to a method of producing electric current using the above power generation system.</p>			

**(57) Zusammenfassung**

Eine Netzunabhängige, schadstoffemissionsfreie, portable Stromversorgungseinrichtung, umfassend eine (PEM) Brennstoffzelleneinheit (1); eine Wasserstoff-Speichereinrichtung (19); eine Leitung (22) zum Zuführen des Wasserstoffs von der Speichereinrichtung (19) zum Anodenraum (2); eine Leitung (5) und eine Pumpe (9) zum Rezirkulieren von nicht umgesetztem Wasserstoff vom Anodenraumausgang zum Anodenraumeingang; eine Leitung (25) und eine Pumpe (11) zum Zuführen von Luft zum Kathodenraum (4); eine Leitung (6) zum Abführen von wasser dampf haltigem Kathodengas; einen Wärmetauscher (20), welcher die Speichereinrichtung (19) umgibt; einen Kühlmittelkreislauf (18) mit einer Pumpe (21) zwischen Wärmetauscher (20) und Brennstoffzelleneinheit (1); eine Einrichtung (16) zur Abnahme von erzeugtem Strom; eine Steuer/Regeleinheit (14) zur Steuerung/Regelung der Wasserstoffzirkulation, der Luftzufuhr und des Kühlmittelkreislaufes in Abhängigkeit der Soll-Zellspannung und der Soll-Zelltemperatur. Verfahren zur Erzeugung von Strom mittels dieser Stromversorgungseinrichtung.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		

**Netzunabhängige, schadstoffemissionsfreie, portable Stromversorgungseinrichtung  
sowie Verfahren zur Erzeugung von Strom mittels dieser**

- 1 -

- 1 Die Erfindung betrifft eine stromnetzunabhängige, schadstoffemissionsfreie und daher umweltfreundliche, portable Stromversorgungseinrichtung für beispielsweise Camping, Segelboote, Gartenhäuser und stromnetzferne technische Anlagen sowie ein Verfahren zur Erzeugung von Strom mittels einer solchen Stromversorgungseinrichtung.

Zur netzfernen portablen Stromversorgung werden gegenwärtig Batterien, Notstromaggregate und Brennstoffzellen eingesetzt.

- 10 Batterien wie der Blei-Akkumulator weisen jedoch eine geringe Speicherkapazität auf und benötigen aufgrund auftretender Selbstentladung nach längeren Stillstandszeiten ein Stromnetz zur Wiederaufladung.

- Notstromaggregate wie etwa auf Basis von Benzin- oder Dieselmotoren sind darin 15 nachteilig, daß sie Lärm und Schadstoffemissionen verursachen.

- Bei den bislang eingesetzten Brennstoffzellen für eine netzferne Stromversorgung handelt es sich um große Aggregate, die zumeist mit Erdgas oder Methanol, das durch Reformieren zu Wasserstoff umgesetzt wird, betrieben werden. Ihre sofortige 20 Betriebsbereitschaft ist entweder durch Anheizzeiten, wie bei Hochtemperatur-Brennstoffzellen oder durch Reformer-Einlaufzeiten, wie bei PEM-Brennstoffzellen soweit eingeschränkt, daß sie erst nach Stunden (PEM-Brennstoffzellen) oder Tagen (Hochtemperatur-Brennstoffzellen) mit voller Leistung betriebsbereit sind.

- 25 Zwar weisen Direktmethanol-Brennstoffzellen diesen Nachteil nicht auf, sie erbringen jedoch auf dem gegenwärtigen Entwicklungsstand nicht die erforderliche spezifische Leistung. Gleiches trifft für wasserstoffbetriebene Mini-PEM-Brennstoffzellen zur Versorgung von beispielsweise Computern und Mobiltelefonen zu.

- 30 In EP 0 568 822 A2 wird eine netz- und wärmeseitig angekoppelte Energieversorgungseinheit beschrieben, welche nach einer mathematischen Gleichung zur Minimierung des Primärenergieeinsatzes und der Energiekosten betrieben wird. Diese Anwendung bezieht sich eindeutig auf ein stationäres System unter dem Gesichtspunkt der Kostenminimierung und ist daher nicht relevant für portable Anwendungen. Gleiches gilt für GB 2 250 130 A, in der ein Brennstoffzellen-System im Hinblick 35 auf eine Anwendung in U-Booten beschrieben wird.

1 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine sofort betriebsbereite, leistungsstarke, stromnetzunabhängige, schadstoffemissionsfreie, portable Stromversorgungseinrichtung sowie ein Verfahren zur Erzeugung von Strom mittels dieser vorzusehen.

5

Diese Aufgabe wird durch eine Stromversorgungseinrichtung gemäß Anspruch 1 sowie ein Verfahren zur Erzeugung von Strom gemäß Anspruch 9 gelöst. Vorteilhafte bzw. besonders bevorzugte Ausführungsformen des Anmeldungsgegenstandes sind in den Unteransprüchen angegeben.

10

Die Erfindung betrifft somit eine netzunabhängige, schadstoffemissionsfreie, portable Stromversorgungseinrichtung, umfassend

eine Brennstoffzelleneinheit mit einem Anodenraum, einer Polymer-Elektrolyt-Membran (PEM) und einem Kathodenraum;

15

eine Wasserstoff-Speichereinrichtung;

eine Leitung zum Zuführen des Wasserstoffs von der Speichereinrichtung zum Anodenraum;

eine Leitung und eine Pumpe zum Rezirkulieren von nicht umgesetztem Wasserstoff vom Anodenraumausgang zum Anodenraumeingang;

20

eine Leitung und eine Pumpe zum Zuführen von Luft zum Kathodenraum;

eine Leitung zum Abführen von wasserdampfhaltigem Kathodengas;

einen Wärmetauscher, welcher die Speichereinrichtung umgibt;

einen Kühlmittelkreislauf mit einer Pumpe zwischen Wärmetauscher und Brennstoffzelleneinheit;

25

eine Einrichtung zur Abnahme von erzeugtem Strom; und

eine Steuer/Regeleinheit zur Steuerung/Regelung der Wasserstoff-rezirkulation, der Luftzufuhr und des Kühlmittelkreislaufes in Abhängigkeit der Soll-Zellspannung und der Soll-Zelltemperatur.

30

Gemäß der Erfindung hat sich gezeigt, daß eine solche Stromversorgungseinrichtung sofort und leistungsstark betriebsbereit ist und den Anforderungen an eine portable Stromversorgung für beispielsweise Camping, Segelboote, Gartenhäuser und netzferne technische Anlagen im Kilowattbereich genügt. Die gesamte Stromversorgungseinrichtung ist geeigneterweise in Leichtbauweise in ein tragbares Ge-

35 stell integriert.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform umfaßt die erfindungsgemäße Stromversorgungseinrichtung eine Pumpe zum Rezirkulieren von wasserdampfhaltigem Ka-

- 1 Kathodengas vom Kathodenraumausgang zum Kathodenraumeingang bzw. ein Gebläse, um wasserdampfhaltiges Kathodengas homogen über den Kathodenraum zu verteilen.
- 5 Bei der Wasserstoff-Speichereinrichtung handelt es sich um im Handel erhältliche Metallhydridspeicher, beispielsweise auf Basis von Ti-Ni-Legierungen. Diese können dadurch regeneriert werden, daß sie unter einem Druck von beispielsweise 10 bar mit Wasserstoff über einen ausreichenden Zeitraum von beispielsweise 15 Minuten beaufschlagt werden. Besonders bevorzugt handelt es sich um eine regenerierbare Metallhydrid-Speicherpatrone mit Bajonettverschluß, so daß die leere Hydridspeicherpatrone in einfacher Weise durch eine gefüllte ausgetauscht werden kann.

Bei der Brennstoffzelleneinheit handelt es sich vorzugsweise um einen sogenannten Brennstoffzellen-Stack, das eine Vielzahl von Brennstoffeinzelzellen umfaßt.

Gemäß einer besonders bevorzugten und zweckmäßigen Ausführungsform ist in der Leitung zum Zuführen des Wasserstoffs von der Speichereinrichtung zum Anodenraum ein Druckminderventil vorgesehen, um den Wasserstoff mit konstantem Vordruck dem Anodenraum zuzuführen.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfaßt die Stromversorgungseinrichtung weiterhin einen mit der Anodenabgasleitung über ein Ventil verbundenen Kondensatwasserabscheider, um beispielsweise bei einem Spülzyklus 25 Kondensatwasser auszuscheiden. Die Kathodenabgasleitung kann ebenfalls mit einem Kondensatwasserabscheider verbunden sein, um beispielsweise bei einem Spülzyklus im Kathodenraum vorhandenes Kondensatwasser auszuscheiden.

Gegenstand der Erfindung ist weiterhin ein Verfahren zur Erzeugung von Strom mittels der oben beschriebenen Stromversorgungseinrichtung, umfassend folgende Schritte

- Zuführen von Wasserstoff in den Anodenraum der Brennstoffzelleneinheit;
- Rezirkulieren von nicht umgesetztem Wasserstoff vom Anodenraumausgang zum Anodenraumeingang;
- 35 Zuführen von Luft in den Kathodenraum der Brennstoffzelleneinheit;
- Rezirkulieren von Kühlmittel mittels Pumpe, indem von der Brennstoffzelleneinheit erwärmtes Kühlmittel zum Wärmetauscher geführt wird, wobei die von der Brennstoffzelleneinheit erzeugte Wärme auf die bei der Wasserstoffentnahme sich

- 1 abkühlende Wasserstoff-Speichereinrichtung übertragen wird; und  
Steuerung bzw. Regelung der Wasserstoffrezirkulation, der Luftzufuhr und des Kühlmittelkreislaufes in Abhängigkeit der Soll-Zellspannung und der Soll-Zelltemperatur.
- 5 Beim erfindungsgemäßen Verfahren ist es besonders vorteilhaft und zweckmäßig, den Wasserstoff mit konstantem Vordruck dem Anodenraum zuzuführen, was mittels eines Druckminderventils erreicht werden kann.
- 10 Beim vollautomatischen Betrieb der Stromversorgungseinrichtung mittels dem erfindungsgemäßen Verfahren erbringt die Brennstoffzelle nahezu sofort ihre volle elektrische Leistung von beispielsweise einigen hundert Watt(el). Durch das Rezirkulieren von nicht umgesetztem Wasserstoff vom Anodenraumausgang zum Anodenraumeingang wird der Wasserstoff ohne Taupunktsüberschreitung seines Wasserdampfgehaltes nahezu vollständig (das heißt zu 100%) umgesetzt, so daß die Brennstoffzelle "dead ended" betrieben werden kann. Bei Verwendung von Reformat-Wasserstoff wird dahingegen nur eine ca. 70%ige Umsetzung des Wasserstoffs erreicht.
- 15
- 20 Der Wasserdampfgehalt wird durch das Produktwasser der Kathodenseite der Brennstoffzelle eingestellt, wobei gemäß einer Ausführungsform wasserdampfhaltiges Kathodengas vom Kathodenraumausgang zum Kathodenraumeingang rezirkuliert werden kann.
- 25 Vorzugsweise wird die Stromversorgungseinrichtung bei einer Soll-Zelltemperatur von maximal etwa 40°C betrieben. Wenn andererseits bei einer Soll-Zelltemperatur von über 40°C gearbeitet wird, ist es vorteilhaft, wasserdampfhaltiges Kathodengas mittels Gebläse homogen über den Kathodenraum zu verteilen, um eine Austrocknung der PEM zu verhindern.
- 30 Das erfindungsgemäße Verfahren vermeidet Anfahrzeiten bei verminderter Leistung, die ohne die erfindungsgemäße Verfahrensweise in Folge inhomogener Wasserdampfkondensation und dadurch Desaktivierung der Brennstoffzelleneinheit solange erforderlich sind, bis die Betriebstemperatur der Brennstoffzelleneinheit 35 zur Verdampfung des Kondensatwassers führt. Bei Nichteinhaltung der Anfahrzeiten bei herkömmlichen PEM-Brennstoffzellenanlagen führt die Wasserdampfkondensation in den Anodenkanälen zur Wasserelektrolyse, was zur irreversiblen Schädigung einzelner Zellen des Brennstoffzellen-Stacks (Stapels) führt. Die erfindungs-

- 1 gemäß Arbeitsweise vermeidet diese Nachteile von bekannten PEM-Brennstoffzellenanlagen und gewährleistet so den sofortigen Betrieb bei Vollast sowie den diskontinuierlichen Teillastbetrieb ohne Ausfallerscheinungen.
- 5 Als Kühlmittel eignet sich bei der erfindungsgemäßen Stromversorgungseinrichtung insbesondere Wasser.

Bei der erfindungsgemäß angewandten Steuerung handelt es sich vorzugsweise um eine sogenannte speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), welche die sofortige 10 volle Leistungsabgabe im Leistungsbereich von beispielsweise 100 W(el) bis 1 kW(el) garantiert.

Die Erfindung wird anhand der beiliegenden Zeichnung näher erläutert, wobei

- 15 Fig. 1 den schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Stromversorgungseinrichtung bzw. deren Betrieb zeigt.

Unter Bezugnahme auf Figur 1 umfaßt die erfindungsgemäße Stromversorgungseinrichtung eine Brennstoffzelleneinheit 1 mit einem Anodenraum 2, einer Polymer-Elektrolyt-Membran 3 und einem Kathodenraum 4, eine Wasserstoff-Speichereinrichtung 19 für das wasserstoffhaltige Betriebsgas, das mittels der Leitung 22 über ein Druckminderventil 24 mit konstantem Vordruck dem Anodenraum 2 zugeführt wird. Nicht umgesetzter Wasserstoff wird über Leitung 5 und mittels der Pumpe 9 vom Anodenraumausgang zum Anodenraumeingang rezirkuliert. Über Leitung 25 und mittels Pumpe 11 wird andererseits Luft zum Kathodenraum 4 geführt. Wasserdampfhaltiges Kathodenabgas wird über Leitung 6 abgeführt, wobei wahlweise ein Kondensatwasserabscheider 8b vorgesehen ist. Die Einstellung des Wasserdampfgehaltes kann durch Rezirkulieren des Kathodengases mittels Pumpe / Gebläse 10 erfolgen. Die Einrichtung umfaßt weiterhin einen Wärmetauscher 20, welcher die 30 Speichereinrichtung 19 umgibt. Zwischen Wärmetauscher 20 und der Brennstoffzelleneinheit 1 ist ein Kühlmittelkreislauf 18 mit einer Pumpe 21 vorgesehen. Von der Brennstoffzelleneinheit erzeugter Strom wird von der Einrichtung 16, typischerweise einem Relais zur Lastab- bzw. -zuschaltung, abgenommen, welche über den Stromkreis 16a mit der Brennstoffzelleneinheit verbunden ist. Die Steuer / Regeleinheit 14 dient zur Steuerung / Regelung der Wasserstoffrezirkulation, der Luftzufuhr 35 und des Kühlmittelkreislaufes in Abhängigkeit der Soll-Zellspannung und der Soll-Zelltemperatur. Die Speichereinrichtung 19 ist vorzugsweise eine regenerierbare Metallhydrid-Speicherpatrone mit Bajonettverschluß 23 zum einfachen Auswech-

- 1 seln einer leeren gegen eine volle Speicherpatrone.
  - Beim Startvorgang wird zunächst ein Spülzyklus durch zeitweiliges Öffnen des Ventils 7 (beispielsweise ein elektromagnetisches Ventil) ausgelöst. Anschließend werden die Pumpe 11 für die Luft- bzw. Kathodengaszufuhr und die Pumpe 9 für die Anodengasrezyklierung für einige Sekunden eingeschaltet. Nach Überprüfung der Zellspannung und bei einer hinreichend großen Leerlaufspannung kann das Lastrelais 16 zugeschaltet werden.
- 10 Nach Öffnen des Lastrelais 16 werden die Pumpen 9, 11 und 21 mittels der Steuer/Regeleinheit 14 über die Steuersignalleitung 12 für die Gas- und Luftzufuhr, Temperatursignalleitung 13a der Brennstoffzelle, Spannungssignalleitung 13b der Brennstoffzelle, Stromsignalleitung 13c für die Verbrauchslast, Lastfreigabesignalleitung 15 sowie Steuersignalleitung 17 für die Kühlmittelpumpe gesteuert bzw. geregelt. Liegt die mittlere Zellspannung über einer Höchstschwelle, wird lediglich die Kühlmittelpumpe 21 für einige Sekunden, beispielsweise 5 Sekunden pro Minute, zugeschaltet, falls die Zelltemperatur eine Mindestschwelle über- und eine Höchstschwelle noch nicht unterschritten hat. Sinkt die Zellspannung unter die Höchstschwelle, wird die Leistung der Pumpen 9 und 11 stromabhängig gesteuert. Unterschreitet die Zellspannung eine Mindestschwelle, wird stromunabhängig mit maximaler Pumpenleistung gefahren. Damit wird erfindungsgemäß sichergestellt, daß die Zelle bis zur theoretischen Betriebstemperatur für vollständigen Feuchteaustrag mit optimalen Umsetzungsgraden gefahren wird. Diese Temperatur wird aufgrund der Auslegung des Kühlkreislaufs nicht überschritten, so daß die Brennstoffzelle unter allen Bedingungen vor Austrocknung geschützt ist.

Unterschreitet die mittlere Zellspannung eine Abschaltschwelle (etwa 500 mV), wird die Stromlast über das Relais 16 abgeschaltet und der bereits oben beschriebene Spülzyklus aktiviert, das heißt die Brennstoffzelleneinheit wird nur durch den Stromverbrauch der Pumpe 11 für die Luftzuführung und der Pumpe 9 zum Rezirkulieren von nicht umgesetztem Wasserstoff solange belastet, bis die mittlere Zellspannung auf die geforderte Schwelle (etwa 850 mV) angestiegen ist. Sodann kann der Normalbetrieb fortgesetzt werden. Hierdurch wird erfindungsgemäß gewährleistet, daß der aus der Speichereinrichtung 19 stammende Wasserstoff zu nahezu 100% ausgenutzt wird, da lediglich bei einer Anreicherung des Anodenkreislaufs mit Inertgas und einem daraus resultierenden Zellspannungsabfall unter die Abschaltschwelle nicht umgesetzter Wasserstoff über das Ventil 7 und den Kondensatwasserabscheider 8a abgelassen wird.

1

**Patentansprüche**

1. Netzunabhängige, schadstoffemissionsfreie, portable Stromversorgungseinrichtung, umfassend
- 5        eine Brennstoffzelleneinheit (1) mit einem Anodenraum (2), einer Polymer-Elektrolyt-Membran (PEM) (3) und einem Kathodenraum (4);  
            eine Wasserstoff-Speichereinrichtung (19);  
            eine Leitung (22) zum Zuführen des Wasserstoffs von der Speichereinrichtung (19) zum Anodenraum (2);  
10        eine Leitung (5) und eine Pumpe (9) zum Rezirkulieren von nicht umgesetztem Wasserstoff vom Anodenraumausgang zum Anodenraumeingang;  
            eine Leitung (25) und eine Pumpe (11) zum Zuführen von Luft zum Kathodenraum (4);  
            eine Leitung (6) zum Abführen von wasserdampfhaltigem Kathodengas;  
15        einen Wärmetauscher (20), welcher die Speichereinrichtung (19) umgibt;  
            einen Kühlmittelkreislauf (18) mit einer Pumpe (21) zwischen Wärmetauscher (20) und Brennstoffzelleneinheit (1);  
            eine Einrichtung (16) zur Abnahme von erzeugtem Strom; und  
            eine Steuer/Regeleinheit (14) zur Steuerung/Regelung der Wasserstoffrezir-  
20 kulation, der Luftzufuhr und des Kühlmittelkreislaufes in Abhängigkeit der Soll-Zellspannung und der Soll-Zelltemperatur.
2. Stromversorgungseinrichtung nach Anspruch 1, umfassend weiterhin  
       eine Pumpe (10) zum Rezirkulieren von wasserdampfhaltigem Kathodengas  
25 vom Kathodenraumausgang zum Kathodenraumeingang.
3. Stromversorgungseinrichtung nach Anspruch 1, umfassend weiterhin  
       ein Gebläse, um wasserdampfhaltiges Kathodengas homogen über den Kathodenraum (4) zu verteilen.  
30
4. Stromversorgungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1-3, wobei die Wasserstoff-Speichereinrichtung (19) eine auswechselbare und regenerierbare Metallhydrid-Speicherpatrone mit Bajonettverschluß (23) ist.
- 35 5. Stromversorgungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1-4, wobei die Brennstoffzelleneinheit (1) ein Brennstoffzellen-Stack ist, das eine Vielzahl von Brennstoffeinzelzellen umfaßt.

1 6. Stromversorgungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1-5, umfassend weiterhin

ein in der Leitung (22) vorgesehenes Druckminderventil (24), um den Wasserstoff mit konstantem Vordruck dem Anodenraum (2) zuzuführen.

5

7. Stromversorgungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1-6, umfassend weiterhin

einen mit der Leitung (5) über ein Ventil (7) verbundenen Kondensatwasserabscheider (8a).

10

8. Stromversorgungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1-7, umfassend weiterhin

einen mit der Leitung (6) verbundenen Kondensatwasserabscheider (8b).

15 9. Verfahren zur Erzeugung von Strom mittels der in den Ansprüchen 1-8 beschriebenen Stromversorgungseinrichtung, umfassend folgende Schritte

Zuführen von Wasserstoff in den Anodenraum (2) der Brennstoffzelleneinheit (1);

Rezirkulieren von nicht umgesetztem Wasserstoff vom Anodenraumausgang

20 zum Anodenraumeingang;

Zuführen von Luft in den Kathodenraum (4) der Brennstoffzelleneinheit (1);

Rezirkulieren von Kühlmittel mittels Pumpe (21), indem von der Brennstoffzelleneinheit (1) erwärmtes Kühlmittel zum Wärmetauscher (20) geführt wird, wobei die von der Brennstoffzelleneinheit (1) erzeugte Wärme auf die bei der Wasserstoff-  
25 entnahme sich abkühlende Wasserstoff-Speichereinrichtung (19) übertragen wird; und

Steuerung bzw. Regelung der Wasserstoffrezirkulation, der Luftzufuhr und des Kühlmittelkreislaufes in Abhängigkeit der Soll-Zellspannung und der Soll-Zelltemperatur.

30

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der Wasserstoff mit konstantem Vordruck dem Anodenraum (2) zugeführt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 und/oder 10, wobei die Steuerung bzw. Regelung  
35 so erfolgt, daß der Wasserstoff im wesentlichen vollständig umgesetzt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9-11, wobei wasserdampfhaltiges Kathodengas vom Kathodenraumausgang zum Kathodenraumeingang rezirkuliert wird.

- 9 -

1 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9-12, wobei die Stromversorgungseinrichtung bei einer Soll-Zelltemperatur von maximal etwa 40°C betrieben wird.

5 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9-12, wobei die Stromversorgungseinrichtung bei einer Soll-Zelltemperatur von über 40°C betrieben wird und hierbei wasser dampfhaltiges Kathodengas mittels Gebläse homogen über den Kathodenraum (4) verteilt wird, um eine Austrocknung der PEM (3) zu verhindern.

10 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9-14, wobei bei Unterschreiten einer mittleren Zellspannung von etwa 500 mV die Stromlast abgeschaltet und die Brennstoffzelleneinheit (1) nur durch den Stromverbrauch der Pumpe (11) für die Luftzuführung und der Pumpe (9) zum Rezirkulieren von nicht umgesetztem Wasserstoff so lange belastet wird, bis die mittlere Zellspannung auf über etwa 850 mV angestiegen ist.

15

20

25

30

35

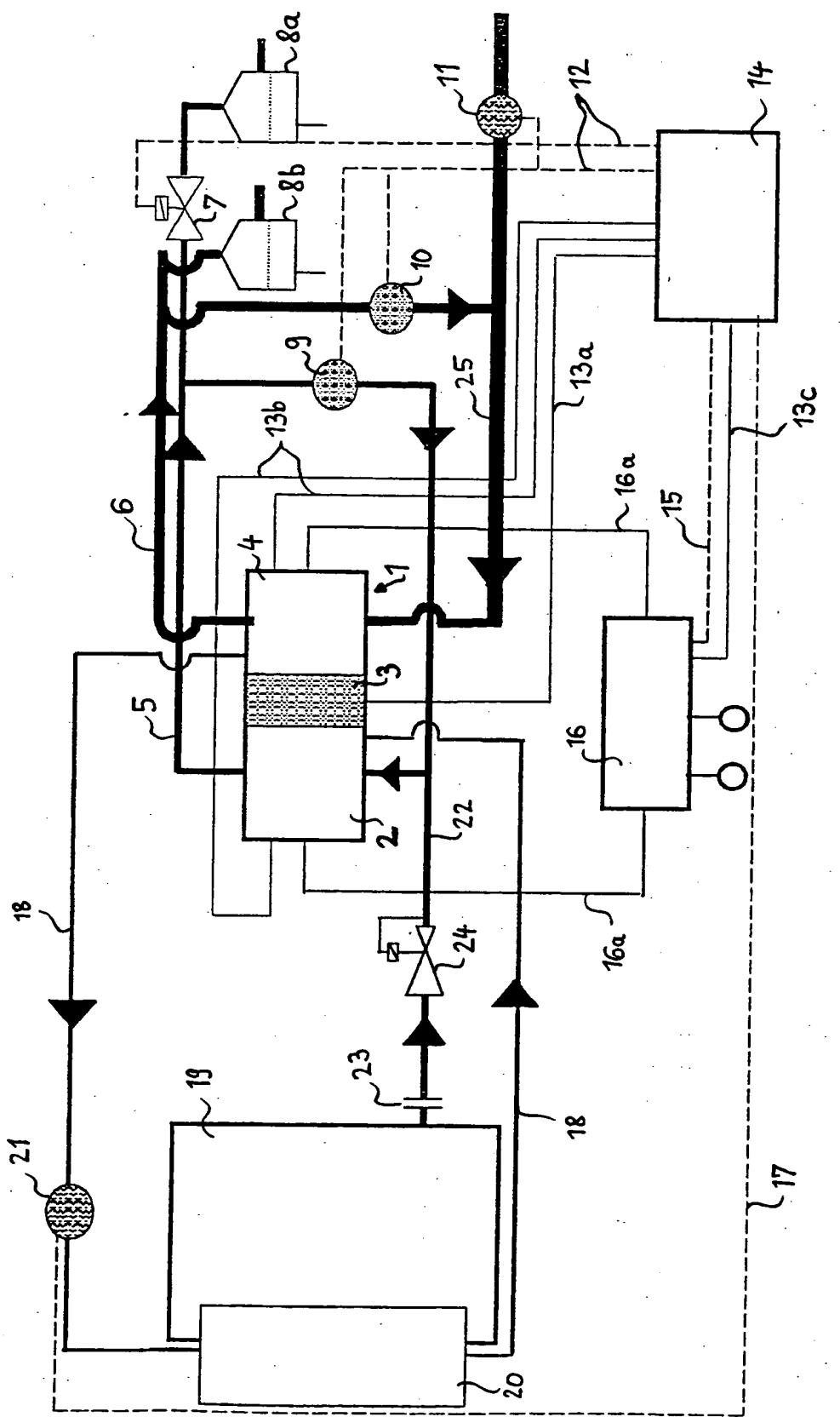


Fig. 1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal. ref Application No

PCT/DE 00/01282

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 H01M8/06 H01M8/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 7 H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ, EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	OGINO S ET AL: "FUEL CELL POWERED ELECTRIC VEHICLE" EVS. INTERNATIONAL ELECTRIC VEHICLE SYMPOSIUM, JP, TOKYO, JEGA, vol. SYMP. 13, 13 October 1996 (1996-10-13), pages 671-674, XP000687930 page 672, left-hand column, paragraph 1; figure 2 page 672, right-hand column, paragraph 1 - paragraph 2	9-11,14
Y	---	1,3-6,8

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 September 2000

Date of mailing of the international search report

25/09/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

D'hondt, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/01282

**C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 10, 30 November 1995 (1995-11-30) & JP 07 192743 A (MAZDA MOTOR CORP), 28 July 1995 (1995-07-28) abstract -& DATABASE WPI Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 1995-296915 XP002147037 abstract	9
Y	---	1,3-6,8
Y	EP 0 813 264 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 17 December 1997 (1997-12-17) claims 1,6,12,13,17; figures 1,5 column 11, line 11 - line 26 column 1, line 35 - line 52 column 8, line 17 - line 40; figure 6 column 14, line 37 - line 51 ---	1,3-6
Y	EP 0 788 172 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 6 August 1997 (1997-08-06) column 6, line 45 -column 8, line 9; claims 1,2,10,11,14; figures 1,8 ---	1,3-5,8
A	DE 196 44 864 A (WOLLHERR REINHARD) 7 May 1998 (1998-05-07) column 1, line 14 - line 20; figure 1 ---	1,3,5,9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 658 (E-1643), 13 December 1994 (1994-12-13) & JP 06 260202 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 16 September 1994 (1994-09-16) abstract	1,5,6,9, 10,14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 054 (E-385), 4 March 1986 (1986-03-04) & JP 60 207256 A (HITACHI SEISAKUSHO KK), 18 October 1985 (1985-10-18) abstract	1,6
A	US 5 853 910 A (NAKASHIMA HIROEHI ET AL) 29 December 1998 (1998-12-29) column 8, line 64 -column 9, line 29; figure 1 ---	12
	-/--	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal Application No

PCT/DE 00/01282

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	H:H: VOSS ET AL: "OPPORTUNITIES FOR PORTABLE BALLARD FUEL CELLS" FUEL CELL 1996 PROCEEDINGS OF FUEL CELL SEMINAR, ORLANDO, USA 17-20 NOV 1996, pages 672-673, XP002147036 page 672, last paragraph page 673, paragraph 3 ---	13
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 288 (E-1092), 22 July 1991 (1991-07-22) -& JP 03 101063 A (SANYO ELECTRIC CO LTD), 25 April 1991 (1991-04-25) abstract ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 288 (E-1092), 22 July 1991 (1991-07-22) -& JP 03 101062 A (SANYO ELECTRIC CO LTD), 25 April 1991 (1991-04-25) abstract -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internal Application No

PCT/DE 00/01282

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
JP 07192743 A	28-07-1995	NONE		
EP 0813264 A	17-12-1997	JP 10064572 A		06-03-1998
		JP 10064567 A		06-03-1998
		US 5976725 A		02-11-1999
EP 0788172 A	06-08-1997	JP 9213359 A		15-08-1997
		JP 10092456 A		10-04-1998
		US 6057051 A		02-05-2000
DE 19644864 A	07-05-1998	NONE		
JP 06260202 A	16-09-1994	NONE		
JP 60207256 A	18-10-1985	NONE		
US 5853910 A	29-12-1998	JP 9266002 A		07-10-1997
JP 03101063 A	25-04-1991	JP 2031313 C		19-03-1996
		JP 7058623 B		21-06-1995
JP 03101062 A	25-04-1991	NONE		

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. Sales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01282

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 H01M8/06 H01M8/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprässtoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H01M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprässtoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

PAJ, EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	OGINO S ET AL: "FUEL CELL POWERED ELECTRIC VEHICLE" EVS. INTERNATIONAL ELECTRIC VEHICLE SYMPOSIUM, JP, TOKYO, JEGA, Bd. SYMP. 13, 13. Oktober 1996 (1996-10-13), Seiten 671-674, XP000687930 Seite 672, linke Spalte, Absatz 1; Abbildung 2 Seite 672, rechte Spalte, Absatz 1 - Absatz 2	9-11, 14
Y	---	1, 3-6, 8



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Rechercherbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. September 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/09/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

D'hondt, J

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. als Aktenzeichen

PCT/DE 00/01282

**C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie'	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 10, 30. November 1995 (1995-11-30) & JP 07 192743 A (MAZDA MOTOR CORP), 28. Juli 1995 (1995-07-28) Zusammenfassung -& DATABASE WPI Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 1995-296915 XP002147037 Zusammenfassung	9
Y	---	1,3-6,8
Y	EP 0 813 264 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 17. Dezember 1997 (1997-12-17) Ansprüche 1,6,12,13,17; Abbildungen 1,5 Spalte 11, Zeile 11 - Zeile 26 Spalte 1, Zeile 35 - Zeile 52 Spalte 8, Zeile 17 - Zeile 40; Abbildung 6 Spalte 14, Zeile 37 - Zeile 51 ---	1,3-6
Y	EP 0 788 172 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 6. August 1997 (1997-08-06) Spalte 6, Zeile 45 - Spalte 8, Zeile 9; Ansprüche 1,2,10,11,14; Abbildungen 1,8 ---	1,3-5,8
A	DE 196 44 864 A (WOLLHERR REINHARD) 7. Mai 1998 (1998-05-07) Spalte 1, Zeile 14 - Zeile 20; Abbildung 1 ---	1,3,5,9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 658 (E-1643), 13. Dezember 1994 (1994-12-13) -& JP 06 260202 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 16. September 1994 (1994-09-16) Zusammenfassung ---	1,5,6,9, 10,14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 054 (E-385), 4. März 1986 (1986-03-04) -& JP 60 207256 A (HITACHI SEISAKUSHO KK), 18. Oktober 1985 (1985-10-18) Zusammenfassung ---	1,6
A	US 5 853 910 A (NAKASHIMA HIROEHI ET AL) 29. Dezember 1998 (1998-12-29) Spalte 8, Zeile 64 - Spalte 9, Zeile 29; Abbildung 1 ---	12 -/-

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. Aktenzeichen

PCT/DE 00/01282

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	H:H: VOSS ET AL: "OPPORTUNITIES FOR PORTABLE BALLARD FUEL CELLS" FUEL CELL 1996 PROCEEDINGS OF FUEL CELL SEMINAR, ORLANDO, USA 17-20 NOV 1996, Seiten 672-673, XP002147036 Seite 672, letzter Absatz Seite 673, Absatz 3 ---	13
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 288 (E-1092), 22. Juli 1991 (1991-07-22) -& JP 03 101063 A (SANYO ELECTRIC CO LTD), 25. April 1991 (1991-04-25) Zusammenfassung ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 288 (E-1092), 22. Juli 1991 (1991-07-22) -& JP 03 101062 A (SANYO ELECTRIC CO LTD), 25. April 1991 (1991-04-25) Zusammenfassung -----	1

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen die zur selben Patentfamilie gehören

internat. des Aktenzeichen

PCT/DE 00/01282

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 07192743 A	28-07-1995	KEINE	
EP 0813264 A	17-12-1997	JP 10064572 A JP 10064567 A US 5976725 A	06-03-1998 06-03-1998 02-11-1999
EP 0788172 A	06-08-1997	JP 9213359 A JP 10092456 A US 6057051 A	15-08-1997 10-04-1998 02-05-2000
DE 19644864 A	07-05-1998	KEINE	
JP 06260202 A	16-09-1994	KEINE	
JP 60207256 A	18-10-1985	KEINE	
US 5853910 A	29-12-1998	JP 9266002 A	07-10-1997
JP 03101063 A	25-04-1991	JP 2031313 C JP 7058623 B	19-03-1996 21-06-1995
JP 03101062 A	25-04-1991	KEINE	